



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003224298 A**(43) Date of publication of application: **08.08.03**

(51) Int. Cl.

**H01L 33/00**  
**H01L 21/268**  
**H01L 21/28**  
**H01L 29/43**

(21) Application number: **2001401452**(22) Date of filing: **28.12.01**(30) Priority: **22.11.01 JP 2001358206**(71) Applicant: **NICHIA CHEM IND LTD**

(72) Inventor: **MIKI OSAMU**  
**SANO MASAHIKO**  
**YAMAMOTO MASAJI**

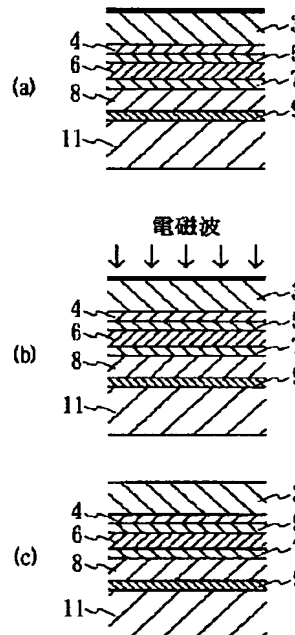
**(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT AND ITS  
 MANUFACTURING METHOD**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a nitride semiconductor element in which good ohmic contact of an n-type nitride semiconductor layer with an electrode is obtained even by omitting annealing and to provide a method for manufacturing the same.

**SOLUTION:** The method for manufacturing the nitride semiconductor element comprises the steps of emitting an exposed n-type nitride semiconductor layer with an electromagnetic wave, forming the electrode on the n-type nitride semiconductor layer in which the wave is emitted. Thus, a damage on the surface of the semiconductor layer due to etching, polishing or the like can be removed, and even when the annealing is omitted, the good ohmic contact of the semiconductor layer with the electrode is obtained.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-224298

(P2003-224298A)

(43) 公開日 平成15年8月8日 (2003.8.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\* (参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C 4 M 1 0 4

21/268

21/268

E 5 F 0 4 1

21/28

21/28

F

29/43

29/46

A

H

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-401452 (P2001-401452)

(71) 出願人 000226057

(22) 出願日 平成13年12月28日 (2001.12.28)

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(31) 優先権主張番号 特願2001-358206 (P2001-358206)

(72) 発明者 三木 修

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

(32) 優先日 平成13年11月22日 (2001.11.22)

学工業株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 佐野 雅彦

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

(72) 発明者 山本 正司

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

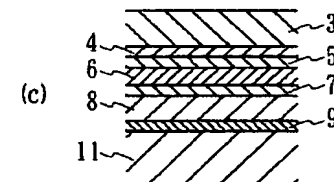
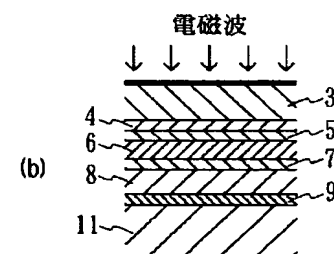
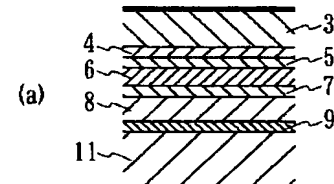
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 アニールングを省略しても n 型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触を有する窒化物半導体素子及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 露出された n 型窒化物半導体層に電磁波を照射した後、その電磁波を照射した n 型窒化物半導体層上に電極を形成することにより、n 型窒化物半導体層表面のエッチング、研磨などによるダメージを取り除くことができ、アニールングを省略しても n 型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも露出された n 型窒化物半導体層を有する窒化物半導体素子であって、前記 n 型窒化物半導体層には電磁波が照射されており、その電磁波が照射された n 型窒化物半導体層上に電極が形成されていることを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項 2】 前記 n 型窒化物半導体層の表面には、酸化層が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体素子。

【請求項 3】 前記酸化層は、50 オングストローム以下の厚さであることを特徴とする請求項 2 に記載の窒化物半導体素子。

【請求項 4】 前記電極は、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Re、Mn、Al、Zn、Pt、Au、Ru、Pd、Rh からなる群より選択される少なくとも 1 つを含む合金または層構造であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の窒化物半導体素子。

【請求項 5】 露出された n 型窒化物半導体層に電磁波を照射した後、その電磁波を照射した n 型窒化物半導体層上に電極を形成することを特徴とする n 型窒化物半導体層の電極形成方法。

【請求項 6】 前記電磁波は、酸素を含まない雰囲気において照射することを特徴とする請求項 5 に記載の n 型窒化物半導体層の電極形成方法。

【請求項 7】 前記電磁波は、370 nm 以下の波長であることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の n 型窒化物半導体層の電極形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化物半導体 ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) からなる素子及びその製造方法に係わり、特に、n 型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触を有する窒化物半導体素子及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 窒化物半導体は、発光ダイオード、レーザダイオードなどの発光素子、太陽電池、光センサなどの受光素子、トランジスタ、パワーデバイスなどの電子デバイスに用いられている。特に、窒化物半導体を用いた発光ダイオードは、信号機、大型ディスプレイ、バックライト用光源などに幅広く利用されている。

【0003】 この窒化物半導体発光ダイオードは、基本的に、サファイアなどの絶縁基板の上に n 型窒化物半導体層と、活性層と、p 型窒化物半導体層とが順に積層され、p 型窒化物半導体層上に p 側電極が形成され、基板の裏面に電極を形成することができないので、p 型窒化物半導体層及び活性層がエッチングなどにより除去され、露出された n 型窒化物半導体層上に n 側電極が形成されて構成される。つまり、半導体層が積層された同一

面側に p 側電極と n 側電極とが配置された構成となる。

【0004】 また、基板が研磨などにより除去され、露出された n 型窒化物半導体層上に n 側電極が形成され、半導体層を介して対向するように p 側電極と n 側電極とが配置された構成とすることもできる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、露出された n 型窒化物半導体層表面は、エッチング、研磨などによるダメージを受けており、n 型窒化物半導体層と電極とのオーミック接触が得られないといった問題があった。また、n 型窒化物半導体層上に電極を形成してからアニーリングすることにより、n 型窒化物半導体層と電極とのオーミック接触は得られるものの、電極がアニーリングにより変質してしまうといった問題もあった。これにより、電極と n 型窒化物半導体層、ワイヤーボンディングにより形成されるボール、電極の上に形成されるパッド電極などとの接着力が弱くなり、ひどい場合は剥がれてしまうことがあった。さらに、窒化物半導体がアニーリングにより分解してしまうといった問題もあった。

【0006】 本発明は、このような課題を解決するために成されたものであり、特に、アニーリングを省略しても n 型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触を有する窒化物半導体素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の窒化物半導体素子は、少なくとも露出された n 型窒化物半導体層を有する窒化物半導体素子であって、n 型窒化物半導体層には電磁波が照射されており、その電磁波が照射された n 型窒化物半導体層上に電極が形成されていることを特徴とする。これにより、n 型窒化物半導体層表面のエッチング、研磨などによるダメージが取り除かれ、アニーリングを省略しても n 型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られる。

【0008】 また、n 型窒化物半導体層の表面には、酸化層が形成されていることを特徴とする。この場合もアニーリングを省略しても n 型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られる。

【0009】 また、酸化層は、50 オングストローム以下の厚さであることを特徴とする。これにより、n 型窒化物半導体層と電極とのより良好なオーミック接触が得られる。

【0010】 また、電極は、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Re、Mn、Al、Zn、Pt、Au、Ru、Pd、Rh からなる群より選択される少なくとも 1 つを含む合金または層構造であることを特徴とする。これにより、n 型窒化物半導体層と電極とのさらに良好なオーミック接触が得られる。

【0011】 また、本発明の n 型窒化物半導体層の電極

形成方法は、露出されたn型窒化物半導体層に電磁波を照射した後、その電磁波を照射したn型窒化物半導体層上に電極を形成することを特徴とする。これにより、n型窒化物半導体層表面のエッチング、研磨などによるダメージを取り除くことができ、アニーリングを省略してもn型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られる。

【0012】また、電磁波は、酸素を含まない雰囲気において照射することを特徴とする。これにより、n型窒化物半導体層と電極とのより良好なオーミック接触が得られる。

【0013】また、電磁波は、370nm以下の波長であることを特徴とする。これにより、n型窒化物半導体層表面のエッチング、研磨などによるダメージをより良好に取り除くことができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明について詳細に説明する。本発明の窒化物半導体素子は、少なくとも露出されたn型窒化物半導体層を有する窒化物半導体素子であって、n型窒化物半導体層には電磁波が照射されており、その電磁波が照射されたn型窒化物半導体層上に電極が形成されていることを特徴とする。また、本発明のn型窒化物半導体層の電極形成方法は、露出されたn型窒化物半導体層に電磁波を照射した後、その電磁波を照射したn型窒化物半導体層上に電極を形成することを特徴とする。

【0015】本発明の窒化物半導体素子において、n型窒化物半導体層以外の構成としては、特に限定されず、窒化物半導体で構成することもでき、窒化物半導体以外の材料で構成することもできる。窒化物半導体としては、GaN、AlN、InN、あるいはこれらの混晶である $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) からなる半導体を用いることができ、またこれに加えて、III族元素としてBを用いることもでき、V族元素としてNの一部をP、Asで置換することもできる。

【0016】また、本発明において、n型窒化物半導体とは、n型の導電型を示す窒化物半導体のことであり、n型不純物をドーブした窒化物半導体、あるいはn型不純物をドーブしない（アンドープの）窒化物半導体がこれに含まれる。n型不純物としては、特に限定されないが、Si、Ge、Sn、S、O、Ti、ZrなどのIV族元素、あるいはVI族元素などを好適に用いることができ、好ましくはSi、Ge、Sn、さらに好ましくはSiを用いる。また、アンドープの窒化物半導体は、結晶中の窒素空孔によりn型の導電型を示すためn型窒化物半導体に含まれるが、n型不純物をドーブした窒化物半導体の方が所望のキャリア濃度が容易に得られるので好ましい。

【0017】また、本発明において、露出されたn型窒

化物半導体層とは、サファイアなどの異種基板、あるいは半導体層などがエッチング、研磨などにより除去され、露出されたn型窒化物半導体層に限定されず、n型GaNなどのn型窒化物半導体からなる基板を用いる場合の基板表面、あるいは最後に積層され、露出しているn型窒化物半導体層などもこれに含まれる。本発明は、n型窒化物半導体層表面のダメージの有無に関係なく、n型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触を形成するのに有効である。

【0018】n型窒化物半導体層の組成としては、n型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) で構成し、特に限定されないが、好ましくはn型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  ( $0 \leq z < 1$ )、さらに好ましくはZ値が小さいn型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 、あるいはn型GaNで構成する。このような構成にすると、n型窒化物半導体層と電極とのオーミック接触が得られ易いので好ましい。

【0019】n型窒化物半導体層の不純物濃度としては、特に限定されないが、好ましくは $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の範囲、さらに好ましくは $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲に調整する。このような範囲に調整すると、n型窒化物半導体層の結晶性が良くなり、n型窒化物半導体層と電極とのオーミック接触が得られ易いので好ましい。

【0020】本発明において、電磁波としては、特に限定されないが、窒化物半導体に吸収される370nm以下の波長の電磁波を用いることが好ましい。このような発振波長が370nm以下のレーザとしては、特に限定されないが、例えばArF (193nm)、KrF (248nm)、XeCl (308nm)、XeF (353nm)などのエキシマレーザ、あるいはHeCd (325nm)などが挙げられる。

【0021】電磁波の照射条件としては、特に限定されないが、n型窒化物半導体層に電磁波を照射し、表面が分解する程度に照射すればよく、具体的には、照射面におけるエネルギーが $500 \sim 5000 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ の範囲になるように電磁波の種類により適宜調整して行われることが好ましい。このような範囲に調整すると、n型窒化物半導体層表面のみが分解し、ダメージを受けていない結晶性の良いn型窒化物半導体層が新たに露出される。このようにして得られるn型窒化物半導体層は、アニーリングを省略しても電極との良好なオーミック接触が得られる。

【0022】また、電磁波の照射条件によっては、照射時、あるいは照射後においてn型窒化物半導体層表面に酸化層が形成されることがある。例えば、n型窒化物半導体層をn型AlGaN、n型GaNなどで構成する場合は、Gaを含む酸化物からなる酸化層が形成される。一般に、酸化層は絶縁層として作用するが、酸化層が形成されたn型窒化物半導体層であっても電極とのオーミ

ック接触が得られることが本発明者により確認されている。しかし、酸化層が厚くなると接触抵抗が大きくなるので、酸化層は50オングストローム以下の厚さに調整されていることが好ましい。このような理由から、電磁波は酸素を含まない雰囲気において照射することが好ましい。また、酸化物をフッ酸、塩酸、アンモニア水などによるウェットエッチングによって除去することにより、さらに良好なオーミック接触が得られるので好ましい。

【0023】本発明において、電極としては、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Re、Mn、Al、Zn、Pt、Au、Ru、Pd、Rhからなる群より選択される少なくとも1つを含む合金または層構造を用いることができ、好ましくはTi、Cr、W、Al、Au、Pd、Rhからなる群から選択される少なくとも1種を含む合金または層構造、さらに好ましくはTi/Al、Cr/Au、W/Al、Rh/Alからなる2層構造、あるいはTi/Pd/Alからなる3層構造などの層構造を用いる。このような層構造にすると、電極とn型窒化物半導体層とが優れた密着性を有すると共に、良好なオーミック接触を有するので好ましい。また、電極の上にバリア目的でTi、Mo、W、Pt、Ni、TiN、RhOなどを積層してもよく、ワイヤーボンディングにより形成されるボールとの接着力を強める目的で最後にAuを積層してもよい。

【0024】電極の形成方法としては、特に限定されないが、蒸着、スパッタリングなどを好適に用いることができる。また、電極の形状としては、n型窒化物半導体層の全面に形成することもできるが、n型窒化物半導体層は、p型窒化物半導体層と比較すると低抵抗であり、電流がn型窒化物半導体層において拡散し易いので、必ずしもn型窒化物半導体層の全面に形成する必要はなく、フォトリソグラフィを用いたエッチング（ドライエッチング、ウェットエッチングなど）、リフトオフなどにより所望の位置、形状に形成することもできる。

【0025】本発明において、窒化物半導体の成長方法としては、特に限定されないが、MOVPE（有機金属気相成長法）、MOCVD（有機金属化学気相成長法）、HVPE（ハイドライド気相成長法）、MBE（分子線エピタキシー法）など、窒化物半導体の成長方法として知られている全ての方法を好適に用いることができる。特に、MOCVDは結晶性良く成長させることができるので好ましい。また、窒化物半導体は、種々の窒化物半導体の成長方法を使用目的により適宜選択して成長させることが好ましい。

#### 【0026】

【実施例】〔実施例1〕以下、図3に示す発光ダイオード素子を元に実施例1について説明する。なお、本発明はこれに限定されるものではなく、n型窒化物半導体層に電極を形成する全ての窒化物半導体素子（レーザダイ

オード、太陽電池、光センサ、トランジスタ、パワーデバイスなど）に適用することができる。

【0027】まず、サファイア（C面）からなる基板1をMOCVDの反応容器内にセットし、容器内を水素で十分に置換した後、水素を流しながら基板の温度を1050℃まで上昇させ基板のクリーニングを行う。なお、本実施例ではサファイア（C面）を用いているが、基板としては、GaN、AlN、AlGaNなどの窒化物半導体基板、あるいは窒化物半導体とは異なる異種基板を用いることができる。異種基板としては、例えばC面、R面、A面のいずれかを主面とするサファイア、スピネル（MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>）などの絶縁基板、あるいはSiC（6H、4H、3Cを含む）、Si、ZnO、GaAs、ZnSなどの半導体基板を用いることができ、好ましくはサファイア、スピネルを用いる。また、異種基板はオフアングルしていてもよく、特に、ステップ状にオフアングルしたものをを用いると、窒化物半導体からなる下地層が結晶性よく成長されるので好ましい。

【0028】続いて、温度を510℃まで下げ、キャリアガスに水素、原料ガスにTMG（トリメチルガリウム）とアンモニアとを用い、基板1の上にGaNからなるバッファ層（図示せず）を約100オングストロームの膜厚で成長させる。なお、このバッファ層は、基板の種類、成長方法によっては省略できる。また、このバッファ層は、Alの割合の小さいAlGaNを用いることもできる。

【0029】次に、バッファ層を成長後、TMGのみを止めて、温度を1050℃まで上昇させる。1050℃になったら、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaN層2を1μmの膜厚で成長させる。

【0030】続いて、1050℃で、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガス、不純物ガスにシランガスを用い、Siを $4.5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  ドープしたGaNからなるn側コンタクト層3を5μmの膜厚で成長させる。

【0031】次に、シランガスのみを止め、1050℃で、TMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaNからなる下層を3000オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、同温度で、シランガスを追加して、Siを $4.5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  ドープしたGaNからなる中間層を300オングストロームの膜厚で成長させ、更に続いて、シランガスのみを止め、同温度で、アンドープGaNからなる上層を50オングストロームの膜厚で成長させ、3層からなるn側第1多層膜層4を3350オングストロームの膜厚で成長させる。

【0032】次に、同温度で、アンドープGaNからなる窒化物半導体層を40オングストロームの膜厚で成長させ、次に、温度を800℃にして、TMG、TMI（トリメチルインジウム）、アンモニアを用い、アンド

ープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる窒化物半導体層を200Åの膜厚で成長させる。これらの操作を繰り返し行い、交互に10層ずつ積層し、さらにアンドープGaNからなる窒化物半導体層を400Åの膜厚で成長させた超格子構造のn側第2多層膜層5を640Åの膜厚で成長させる。

【0033】次に、TMG、アンモニアを用い、アンドープGaNからなる障壁層を250Åの膜厚で成長させる。続いて、同温度で、TMIを追加して、In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nからなる井戸層を300Åの膜厚で成長させる。これらの操作を繰り返し行い、交互に6層ずつ積層し、さらにアンドープGaNからなる障壁層を250Åの膜厚で成長させた多重量子井戸構造の活性層6を1930Åの膜厚で成長させる。

【0034】次に、1050℃で、TMG、TMA、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、Mgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nからなる窒化物半導体層を400Åの膜厚で成長させ、続いて、温度を800℃にして、TMG、TMI、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたIn<sub>0.03</sub>Ga<sub>0.97</sub>Nからなる窒化物半導体層を250Åの膜厚で成長させる。これらの操作を繰り返し行い、交互に5層ずつ積層し、さらにMgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nからなる窒化物半導体層を400Åの膜厚で成長させた超格子構造のp側多層膜層7を365Åの膜厚で成長させる。

【0035】続いて、1050℃で、TMG、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNからなるp側コンタクト層8を1200Åの膜厚で成長させ、図2に示す構造のウエハを得る。反応終了後、温度を室温まで下げ、さらに窒素雰囲気中、ウエハを反応容器内において、700℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。

【0036】アニーリング後、ウエハを反応容器から取り出し、p側コンタクト層8の表面に蒸着によりNi、Auからなるp側電極9を200Åの膜厚で形成する。電極形成後、アニーリングすることにより、p側コンタクト層8とp側電極9とをオーミック接触させる。続いて、p側電極9が形成されたp側コンタクト層8と異種基板11（ここではSi基板）とをハンダなどの導電性接着剤（図示せず）を介して接着する。

【0037】次に、サファイア基板を研磨により除去し、n型窒化物半導体層（ここではn側コンタクト層3）を露出させる。続いて、エキシマレーザ（KrF）を用い、図1に示すように、露出されたn側窒化物半導体層に電磁波を照射面におけるエネルギーが3000m

J/cm<sup>2</sup>になるように照射する。ここで、酸素を含まない雰囲気において電磁波を照射することにより、n型窒化物半導体層表面の酸化を防止することができる。また、n型窒化物半導体層表面に形成された酸化物をフッ酸、塩酸、アンモニア水などによるウェットエッチングによって除去することもできる。電磁波照射後、n側コンタクト層3の表面にTiを100Å積層し、n側電極10を形成する。最後に、異種基板11の裏面に正電極12を形成してから分割し、1辺の長さが1000μmの発光ダイオード素子を得た。得られた素子は、If（順方向電流）20mAにおいて、Vf（順方向電圧）3.2Vであり、n型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られた。また、素子全体が均一に発光していた。

【0038】【実施例2】実施例1において、n側電極10として、Crを300Å積層する他は、同様にして発光ダイオード素子を得た。得られた素子は、If 20mAにおいて、Vf 3.25Vであり、n型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られた。また、実施例1と同様に、素子全体が均一に発光していた。

【0039】【実施例3】実施例1において、n側電極10として、Wを100Å積層する他は、同様にして発光ダイオード素子を得た。得られた素子は、If 20mAにおいて、Vf 3.3Vであり、n型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られた。また、実施例1と同様に、素子全体が均一に発光していた。

【0040】【実施例4】実施例1において、n側電極10として、Rhを100Å積層する他は、同様にして発光ダイオード素子を得た。得られた素子は、If 20mAにおいて、Vf 3.2Vであり、n型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られた。また、実施例1と同様に素子全体が均一に発光していた。

【0041】【実施例5】実施例1において、n側電極10として、Tiを50Å積層する他は、同様にして発光ダイオード素子を得た。得られた素子は、If 20mAにおいて、Vf 3.17Vであり、n型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られた。また、実施例1と同様に、素子全体が均一に発光していた。

【0042】【実施例6】図4に示す発光ダイオード素子を元に実施例6について説明する。

【0043】まず、基板1として、n型GaN（C面）からなる基板を用い、実施例1と同様にして窒化物半導体層を成長させる。反応終了後、温度を室温まで下げ、さらに窒素雰囲気中、ウエハを反応容器内において、7

00℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。

【0044】アニーリング後、ウェハを反応容器から取り出し、p側コンタクト層8の表面に蒸着によりRhを含むp側電極9を1000オングストロームの膜厚で形成する。電極形成後、アニーリングすることにより、p側コンタクト層8とp型電極9とをオーミック接触させる。

【0045】次に、GaN基板を100μmの厚さになるまで研磨する。続いて、実施例1と同様にして、研磨によって露出されたエキシマレーザ(KrF)を用い、図1に示すように、研磨によって露出されたGaN基板上に電磁波を照射面におけるエネルギーが3000mJ/cm<sup>2</sup>になるように照射する。ここで、フッ酸、塩酸、アンモニア水などによるウェットエッチングを行うことにより、表面の酸化物を除去することもできる。電磁波照射後、n側コンタクト層3の表面にTiを100オングストローム、Alを5000オングストローム積層し、n側電極10を形成する。最後に、ウェハを分割して1辺の長さが1000μmの発光ダイオード素子を得た。得られた素子は、If20mAにおいて、Vf3.15Vであり、n型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られた。また、素子全体が均一に発光していた。

【0046】[比較例1] 実施例1において、n型窒化物半導体層に電磁波を照射するのを省略する他は、同様にして発光ダイオード素子を得た。得られた素子は、If20mAにおいて、Vf5.8Vであった。また、n側電極10の付近のみが発光していた。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の窒化物半導体素子及びその製造方法によれば、露出されたn型窒

化物半導体層に電磁波を照射した後、その電磁波を照射したn型窒化物半導体層上に電極を形成することにより、露出されたn型窒化物半導体層表面のエッチング、研磨などによるダメージを取り除くことができ、アニーリングを省略してもn型窒化物半導体層と電極との良好なオーミック接触が得られる。また、アニーリングを省略することにより、電極の変質、窒化物半導体の分解を防止することができ、信頼性に優れた素子を提供することができる。

# 10 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の方法の一工程を説明するウェハの模式断面図。

【図2】 本発明の一実施例に係わるウェハの構造を示す模式断面図。

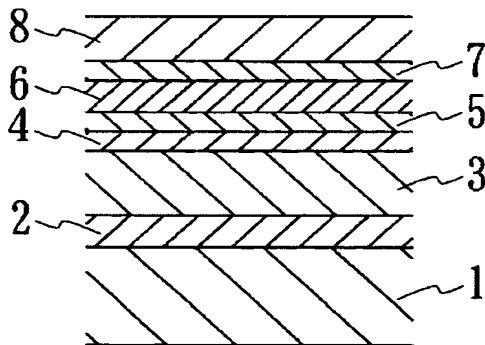
【図3】 本発明の一実施例に係わる発光ダイオード素子の構造を示す模式断面図。

【図4】 本発明の他の実施例に係わる発光ダイオード素子の構造を示す模式断面図。

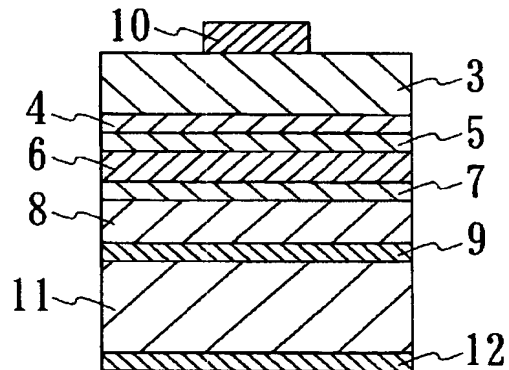
## 【符号の説明】

- 1…基板、
- 2…アンドープGaN層、
- 3…n側コンタクト層、
- 4…n側第1多層膜層、
- 5…n側第2多層膜層、
- 6…活性層、
- 7…p側多層膜層、
- 8…p側コンタクト層、
- 9…p側電極、
- 10…n側電極、
- 11…異種基板、
- 12…正電極。

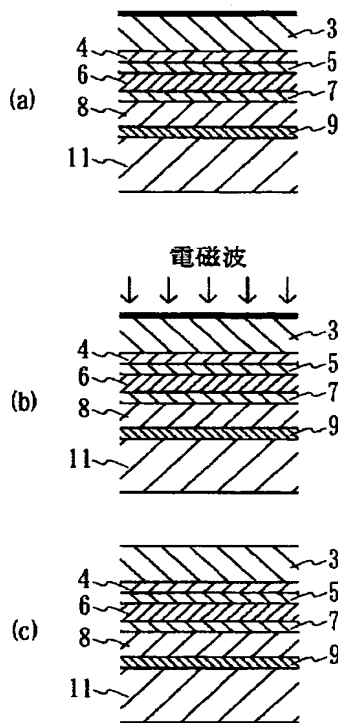
【図2】



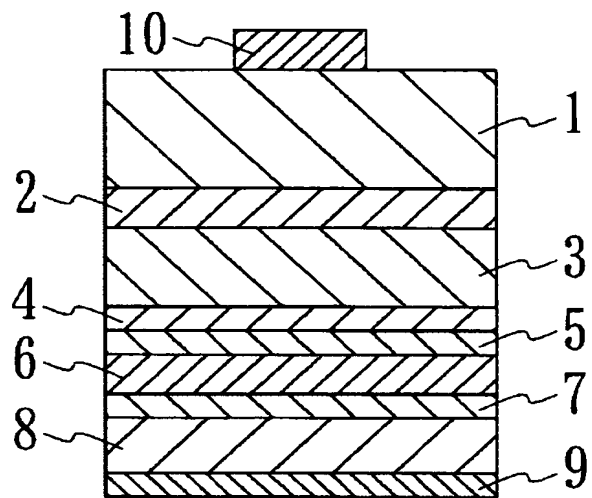
【図3】



【図1】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M104 AA04 AA09 BB02 BB04 BB05  
 BB06 BB07 BB09 BB13 BB14  
 BB16 BB17 BB18 CC01 DD21  
 DD34 DD37 DD63 DD64 DD65  
 DD68 FF13 FF17 FF31 GG02  
 GG04 GG05 GG18 HH08 HH15  
 5F041 AA08 AA24 AA42 CA40 CA49  
 CA83 CA92 CA99 FF04 FF11



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**